

DIFRAÇÃO DE FOTONS E ELÉTRONS

Resumo: Neste experimento verificamos o comportamento ondulatório da matéria proposto por De Broglie. Foi utilizado um tubo emissor de elétrons para liberação destes. Após isto, estas partículas passaram por uma fina grade de cristais de grafite sendo difratadas. O resultado da difração era visto na superfície fosforescente de um bulbo, onde se formavam anéis.

Após este procedimento, foi feito o estudo de difração de fôtons para comparar com a de elétrons e explicar o aspecto final de anéis da primeira difração.

INTRODUÇÃO: No ano de 1926, Louis de Broglie sugeriu, por suposição de um universo simétrico, que, uma vez que ondas eletromagnéticas poderiam apresentar comportamento de partícula em determinados fenômenos, partículas de matéria também poderiam apresentar um aspecto ondulatório.

Com essa suposição de Broglie conseguiu explicar a quantização do momento angular previamente postulada por Bohr. Porém quem disse o que está certo ou errado na física como ciência é a natureza. Para confirmarmos a hipótese de De Broglie algum experimento precisava ser feito para comprovar o comportamento ondulatório da matéria.

Sabemos que ondas podem sofrer efeito de difração, caso passem por um orifício da ordem de grandeza do seu comprimento de onda.

Um pequeno experimento para provar a hipótese de De Broglie seria difratar um feixe de elétrons, por exemplo. Para isso, temos que saber o comprimento de onda associada a este; Com a relação de que $p = \frac{h}{\lambda}$ também era válida para elétrons, ficou-se fácil calcular λ do elétron.

Pode-se mostrar que um elétron acelerado a 4kV apresenta comprimento de onda de 0,02nm. Para calcular o comprimento de onda de determinados partículas usamos:

$$\lambda = h/mv \quad (I)$$

Onde h é a constante de Planck; m a massa do partícula e v a velocidade do mesmo.

Como o comprimento de onda é muito pequeno para partículas com massas consideráveis, em comparação aos corpos macroscópicos que vemos no cotidiano, não verificamos no dia-a-dia a difração de partículas.

Porém, partículas com massas muito pequenas, como um elétron, podem ter comprimentos de onda um pouco maiores. Deste modo, podemos difratar elétrons em redes de cristais, como primeiro proposto por Max von Laue, em 1912 que disse que poderíamos tentar difratar partículas em "granulados" dos materiais.

Laurence Bragg calculou o espaçamento interatômico de uma rede cúbica de NaCl com este procedimento de difração.

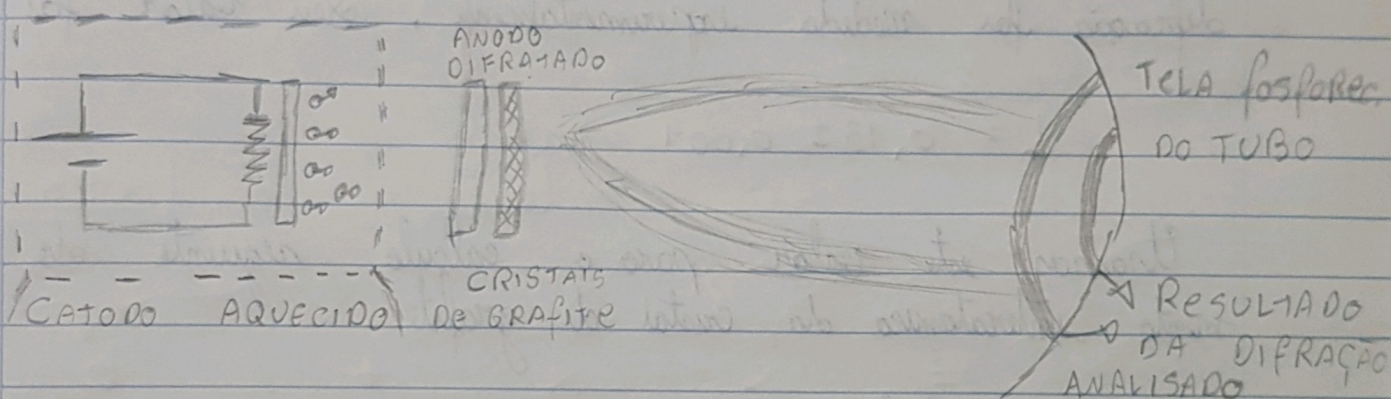
Objetivou-se por meio deste experimento, verificar

a hipótese de De Broglie e também, por comparação a parte final do experimento com difração de fônons verificou-se que a rede cristalina de carbono utilizada para difratar os elétrons.

Materiais e metodologia experimental:

1. Difração de elétrons

FIG 1 - Esquema experimental da difração de elétrons.



Nesta parte utilizamos um bulbo evacuado, cuja somente a tela fosforescente é mostrada na figura 1, onde conseguimos colocar um tubo menor de elétrons, cristais de grafite, que são usados como redes de difração, e uma camada fosforescente na tela do tubo para visualização dos máximos de difração.

Os elétrons abandonam o cátodo por efeito termiônico, passam pelos cristais de grafite e são difratados na tela do bulbo, onde causam fluorescência. Foram estudados os dois raios da difração de elétrons.

que apareciam mais intensamente, para os valores de tensão: 2,5 KV; 3 KV; 3,5 KV; 4 KV sendo esta a tensão de aceleração dos elétrons

Resultados e Discussões

1- O esquema foi apresentado na figura 1

2- A distância entre as cristais de grafite e o centro da tela do tubo onde eram formados os anéis de difração foi medida experimentalmente. Seu valor foi de

$$L = 0,13 \pm 0,001 \text{ m}$$

Usamos este valor para o cálculo seguinte do espaçamento interatômico do cristal de grafite

3- Para calcularmos o comprimento de onda associado ao elétron acelerado entre duas placas, um cátodo e um ânodo, consideramos a velocidade inicial de saída do cátodo como nula. Para haver conservação de energia, a energia cinética final deve ser igual ao negativo da variação de energia potencial entre as placas de aceleração

$$E_i = E_f \quad \therefore \quad K_i + U_i = K_f + U_f \quad \therefore \quad K_f = -\Delta U$$

$$\Delta U = q \cdot \Delta V \quad \rightarrow \quad q = -e$$

$$K_f = e\Delta V \quad \therefore \quad \frac{mv_f^2}{2} = e\Delta V \quad \therefore \quad v_f = \sqrt{\frac{2e\Delta V}{m}}$$

Pela hipótese de De Broglie:

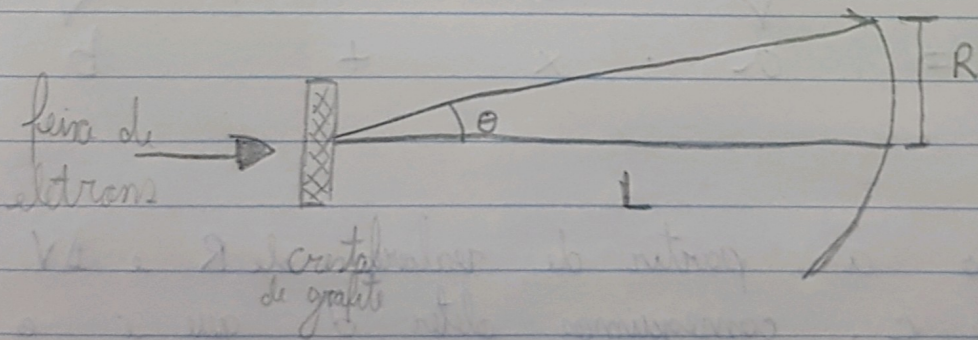
$$p = \frac{h}{\lambda} \quad \therefore \quad \lambda = \frac{h}{m v} = \frac{h}{m \sqrt{2e\Delta V}}$$

Neste modo:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m e \Delta V}} \quad \textcircled{\text{II}}$$

4-) Uma vez que no procedimento experimental a que observamos são duas circunferências com raio R , procuramos uma relação que mostre a dependência $R = R(\Delta V)$

FIG 2 - Diagrama feixe difratado



Sabe-se que os máximos de difração por uma rede, seguem o seguinte requisito:

$$d \sin \theta = c \lambda \quad \textcircled{\text{III}}$$

$$\sin \theta \cong \theta \cong \text{Tg} \theta$$

$$\frac{dR}{L} = c \lambda \quad \therefore \quad \lambda = \frac{dR}{cL}$$

Iguando as equações (II) e (III) temos:

$$\frac{dR}{cL} = \frac{h}{\sqrt{2me}\Delta V} \quad \therefore R = R(\Delta V) = \frac{cLh}{d\sqrt{2me}\Delta V} \quad (IV)$$

Linearizando a dependência entre R e ΔV , a partir da equação (IV) obtemos:

$$\ln(R) = \ln\left[\frac{cLh}{d\sqrt{2me}\Delta V}\right] = \ln\left(\frac{cLh}{d\sqrt{2me}}\right) + \ln\left(\frac{1}{\Delta V}\right)$$

deste modo temos:

$$\underbrace{\ln(R)}_Y = \underbrace{-\frac{1}{2}}_a \cdot \underbrace{\ln(\Delta V)}_x + \underbrace{\ln\left(\frac{cLh}{d\sqrt{2me}}\right)}_b \quad (V)$$

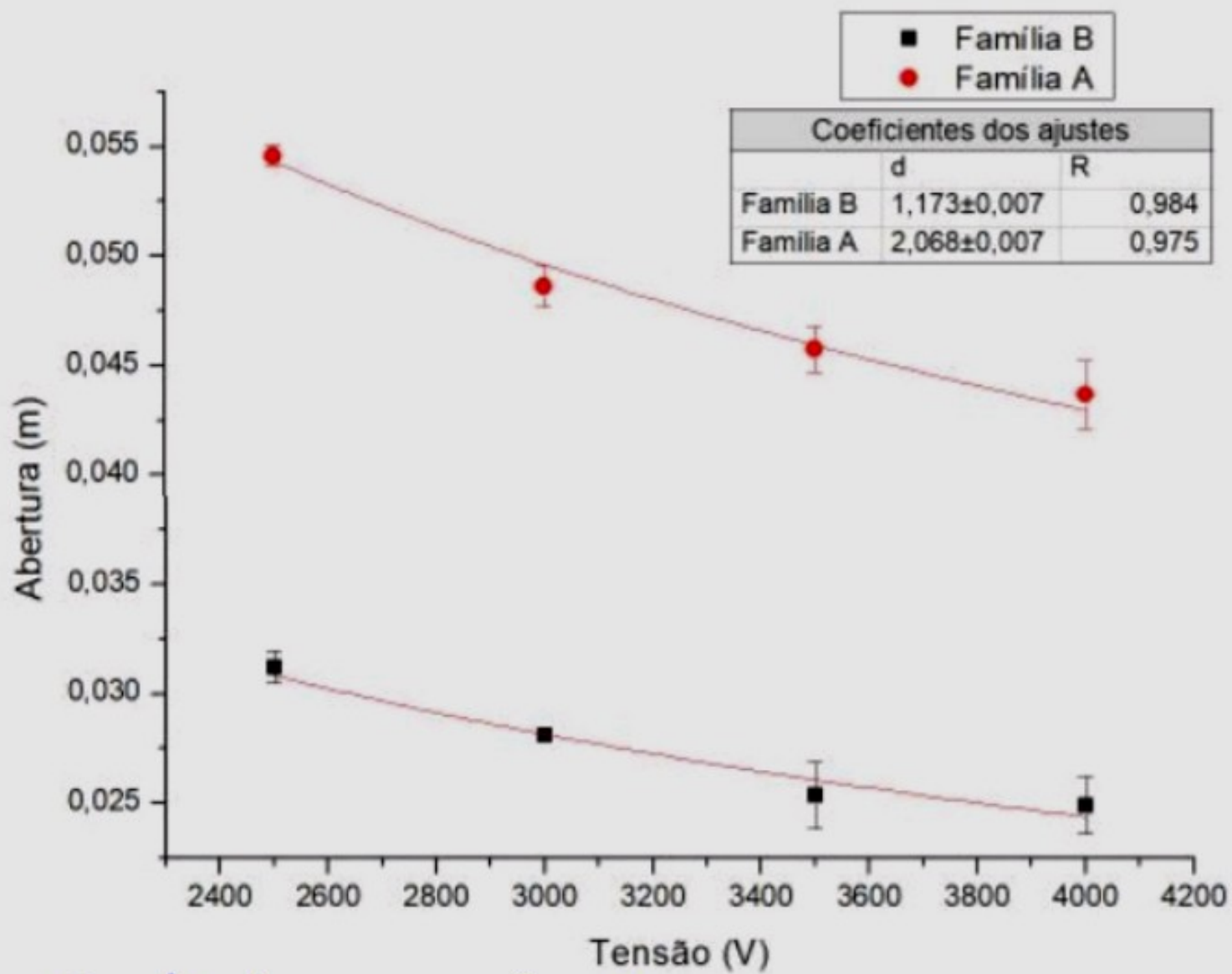
Deste modo a partir de valores de R e ΔV para um mesmo c , conseguimos obter d que é o espaçamento interatômico do cristal de grafite.

5.6) No experimento vemos mais facilmente 2 anéis cujos raios R foram anotados para cada ΔV . Caso o espaçamento interatômico d é mesmo quando supomos que o primeiro anel possui $c=1$ e o segundo $c=2$, então realmente eles são causados por um mesmo plano atômico somente com ordens diferentes. Caso isso não se verifique, a melhor hipótese seria de que os planos formadores dos anéis são distintos.

O resultado obtido é exposto a seguir:

data . .
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦

Gráfico 1 Aspecto de difração.



7 e 8.) Através do coeficiente da regressão dos gráficos coletados o espaçamento interatômico das famílias A (diâmetro maior) e B (diâmetro menor) os resultados estão a seguir:

$$\text{FAMÍLIA A (diâmetro maior)} \Rightarrow d_A = 2,068 \pm 0,007 \text{ \AA}$$

$$\text{FAMÍLIA B (diâmetro menor)} \Rightarrow d_B = 1,173 \pm 0,007 \text{ \AA}$$

9-10. Não foi realizado o experimento para os fátoms portanto não se pôde fazer o comparatuo.

CONCLUSÃO

Por meio deste experimento conseguimos mostrar a veracidade da hipótese de De Broglie a partir da difração, fenômeno que está ligado ao comportamento ondulatório de determinada grandeza, de partículas com massa (elétrons)